

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2002年9月26日 (26.09.2002)

PCT

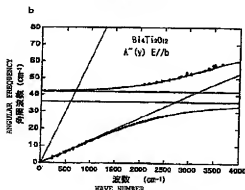
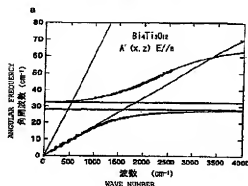
(10) 国際公開番号  
WO 02/075291 A1

- (51) 国際特許分類: G01N 21/41
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/02480
- (22) 国際出願日: 2002年3月15日 (15.03.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2001-74938 2001年3月15日 (15.03.2001) JP
- (71) 出願人 および  
(72) 発明者: 武田 三男 (TAKEDA, Mitsuo) [JP/JP]; 〒390-8303 長野県 南安曇郡 穂高町大字穂高 6 4 7 6 Nagano (JP).
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小島 誠治 (KOJIMA, Seiji) [JP/JP]; 〒300-0837 茨城県 土浦市 石積 1 1-3 Ibaraki (JP). 西澤 誠治 (NISHIZAWA, Seiji) [JP/JP]; 〒205-0061 東京都 羽村市 小作台 2-1 5-4 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤田 孝晴, 外 (FUJITA, Takaharu et al.); 〒169-8925 東京都 新宿区 高田馬場三丁目 2 3 番 3 号 O R ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CK, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM,

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND INSTRUMENT FOR OPTICALLY MEASURING CONSTANT OF OPTICAL PROPERTY OF DIELECTRIC SUBSTANCE, AND MANUFACTURING SYSTEM INCORPORATING THE DEVICE

(54) 発明の名称: 誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法及びその装置並びにその装置を組み込んだ製造システム



(57) Abstract: An optical measuring method characterized by comprising the steps of obtaining spectroscopic spectrum data on the amplitude and phase by Fourier-transforming the time waveform of the field intensity of a reflected or transmitted electromagnetic wave from a dielectric substance by THz-TDS determining the phase shift by the dielectric substance for each frequency by comparing the spectroscopic spectrum data obtained on the amplitude and phase with the spectroscopic spectrum data of when the dielectric substance is not placed, and acquiring the dispersion curve of a coupled wave of the wave motion of a pulse electromagnetic wave incident on the dielectric substance and the wave motion of the polarized field in the dielectric substance by determining the wave number of the coupled wave for each frequency from the phase shift.

[続葉有]

WO 02/075291 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW,  
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア特許  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ特  
許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

THz-TDSによって誘電体物質からの反射電磁波又は透過電磁波の電場強  
度の時間波形をフーリエ変換することによって振幅及び位相についての分光スペ  
クトルデータを得て、得られた振幅及び位相についての分光スペクトルデータを  
前記誘電体物質がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎に前記  
誘電体物質による位相シフトを求め、その位相シフトから前記誘電体物質に入射  
されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数  
を各周波数毎に求めることによってその連成波の分散曲線を得ることを特徴とす  
る。

1  
明細書

誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法及びその装置並びにその装置を組み込んだ製造システム

技術分野

本発明は、誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法及びその装置並びにその装置を組み込んだ製造システムに関するものである。

背景技術

近年、強誘電体薄膜を用いた機能性電子素子、特に強誘電体メモリ（Ferroelectric Random Access Memory）を代表とする半導体メモリ素子の実用化研究が精力的に行われている。

前記Ferroelectric RAMは、強誘電体の分極状態のスイッチング現象を利用したメモリ素子であり、従来困難であった高速動作と不揮発性とが同時に達成できることに加え、低電圧駆動も可能とされている。従って、携帯電話、パソコン、ICカード等の小型化・モバイル化に有効なメモリとして期待されている。

ところで、上記電子素子を構成する強誘電体薄膜の物性のうち特にその誘電率は、素子の性能（メモリ素子の場合、そのメモリ性能）を左右する重要な基本物性のうちの一つである。そのため、実際の素子の製造においては、形成された強誘電体薄膜の誘電率を何らかの手段で評価・検査することは必要不可欠な工程である。

誘電率は、誘電体に入射した光（電磁波）に関する誘電体の応答の仕方を示す量であり、その光の周波数に依存する量であるが、強誘電体薄膜を用いた電子素子においては、低周波数の誘電率、特にその低周波数極限である周波数0に対する誘電率（静的誘電率）が重要である。

この静的誘電率は、理論的にはボラリトンの波数-周波数分散曲線において、周波数0における接線から得ることができる。ここで、ボラリトンとは、誘電体に電磁波を入射した場合、その電磁波の波動と誘電体の分極場の波動とが結合し

て連成波（結合波）を発生することが知られているが、この連成波を量子化したものである。

以下に、ポラリトン（あるいは連成波）の波数一周波数分散曲線から静的誘電率を決定する原理について概説する。

電磁波と結合する誘電体の分極場が特にフォノン場である場合には、前記ポラリトンは特にフォノンポラリトンという。以下に示すのはフォノンポラリトンの場合であるが、原理的には他のポラリトンについても同様の手法で波数一周波数分散関係から静的誘電率を求めることができる。例えば励起子ポラリトンの場合はその重心運動が無視できなくなるので、波数一周波数分散関係においてその重心運動を考慮して、静的誘電率を求めることができる。

フォノンポラリトンの波数一周波数分散関係は、通常、

$$k(\omega) = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon(\infty)} \left( \frac{\omega_L^2 - \omega^2}{\omega_T^2 - \omega^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

と表され、横軸に波数ベクトル、縦軸に角周波数をとると図1において実線で示すような曲線のグラフとなる。ここで、 $k$ は連成波の波数、 $\omega$ は連成波の角周波数、 $c$ は光速、 $\varepsilon(\infty)$ は角周波数無限大に対する誘電率、 $\omega_L$ は光学縦波フォノンの角周波数、 $\omega_T$ は光学横波フォノンの角周波数である。

低周波数 $\omega < \omega_L$ 、 $\omega_T$ の場合には、上式は

$$k(\omega) = \frac{\sqrt{\varepsilon(\infty)}}{c} \omega \left( \frac{\omega_L}{\omega_T} \right)$$

となる。

また、振動子が複数ある場合には、

$$k(\omega) = \frac{\sqrt{\varepsilon(\infty)}}{C} \omega \prod_j \left[ \frac{\omega_L^2 - \omega^2}{\omega_T^2 - \omega^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

となる。以下、振動子が単数の場合について説明する。

ここで、リデイン-ザックス-テラー (Lyddane-Sachs-Teller) の関係式

$$\frac{\varepsilon(0)}{\varepsilon(\infty)} = \left( \frac{\omega_L}{\omega_T} \right)^2$$

を用いると、

$$k(\omega) = \frac{\omega}{C} \sqrt{\varepsilon(\theta)}$$

を得る。ここで、 $\omega(0)$  は静的誘電率である。

低周波数では、ポラリトンの波数  $k$  と連成波の角周波数  $\omega$  とは比例関係を有する。つまり、静的誘電率  $\omega(0)$  が  $\omega=0$  における接線の傾きと評価できることを示している。

従って、誘電体に入射された光（電磁波）の波動と誘電体物質内の分極場の波動との連成波あるいはポラリトンの波数-周波数分散関係を何らかの測定手段によって評価することができれば、誘電体物質の静的誘電率を求めることができる。

一方、近年、テラヘルツ (THz) 近傍の電磁波に対する誘電体物質の応答を測定する方法として、THz-TDS (Time Domain Spectroscopy) と称される新しいタイプの赤外分光装置が開発された。以下に、こ

の  $THz-TDS$  の原理の概略を説明する。

励起源から所定の時間幅のパルス励起光を所定の周波数で発生して、パルス電磁波放射素子に照射する。パルス励起光が照射されたパルス電磁波放射素子は、テラヘルツ域の周波数範囲を含む連続スペクトル分布を有するパルス電磁波を放射するが、この放射パルス電磁波を集束して測定する試料に入射する。そして、検出手段によって試料からの反射電磁波又は透過電磁波の電場強度の各時間分解信号を検出する。ここで、各時間分解信号の検出は、パルス励起光がパルス電磁波放射素子に一回入射することに、遅延手段によって、パルス励起光に対し所定の時間間隔づつ遅延させて行うように構成されている。こうして前記各時間分解信号から時系列データ、すなわち、反射電磁波又は透過電磁波の電場強度の時間波形を得る。この時間波形をフーリエ変換処理し、試料を挿入しない場合とを比較することにより、テラヘルツ電磁波領域を含む広い周波数にわたる反射電磁波又は透過電磁波の強度の透過率・位相シフトについての分光スペクトルを得る。

また、 $THz-TDS$  によって、複素屈折率の実部（通常の屈折率）及び虚部（吸収定数）や複素誘電率の実部（通常の誘電率）及び虚部（誘電損失）の計測も可能である。

本発明に係る発明者は、この新しいタイプの赤外分光装置である  $THz-TDS$  が非常に短い時間幅の試料からの透過電磁波又は反射電磁波の電場強度の時系列分布（時間波形）を得ることができる能力に注目し、鋭意検討の結果、 $THz-TDS$  の主要部を利用して、誘電体物質の誘電率（誘電定数及び誘電損失）を評価することが可能であることに想到したものである。すなわち、従来の赤外分光装置は、試料からの透過光又は反射光の強度（あるいは強度の透過率）の分光スペクトルデータを得ることはできたが強度の位相についての分光スペクトルデータを得ることはできなかったのに対して、 $THz-TDS$  では試料からの透過電磁波又は反射電磁波の強度の分光スペクトルデータだけでなく電場の振幅とその位相についての分光スペクトルデータを得ることができることに注目した。そして、誘電体物質試料からの透過電磁波又は反射電磁波の電場の振幅及び位相についての分光スペクトルデータを誘電体物質試料がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎に前記誘電体物質による位相シフトを求め、その位相

シフトから誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と誘電体物質内の分極場の波動との連成波（結合波）の波数を各周波数毎に求めることによってその連成波（あるいはポラリトン）の分散関係を得ること、さらにその分散関係から誘電体物質の誘電分散及び静的誘電率を決定することに想到したのである。

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、 $THz-TDS$ の原理を利用して、誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に求めることによってその連成波（あるいはポラリトン）の分散関係を得ることができる誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法及びその装置を提供することを目的とする。

さらに、本発明は、 $THz-TDS$ の原理を利用して、誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に求めることによってその連成波（あるいはポラリトン）の分散関係を得、その分散関係から誘電体物質の誘電分散・静的誘電率（誘電定数及び誘電損失）を決定することができる誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法及びその装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、強誘電体メモリ及び強誘電体電界効果トランジスタ（ $MFISFET$ : Metal-Ferroelectric-Insulator-Semiconductor FET）を含む誘電体物質を構成要素とする電子素子の製造プロセスの工程中に当該電子素子の構成要素である誘電体物質の誘電率（誘電定数及び誘電損失）を自動測定するために用いる $THz-TDS$ の原理を利用した誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置を提供することを目的とする。

また、誘電体物質の誘電率を自動測定できる $THz-TDS$ の原理を利用した誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置を組み込んだ強誘電体メモリ、強誘電体電界効果トランジスタ、弾性表面波フィルタ、誘電体セラミックフィルタ、及び積層セラミックコンデンサを含む電子素子の製造プロセスシステムを提供することを目的とする。

#### 発明の開示

上記目的を達成するための本発明は、以下の構成を採用した。

請求項 1 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法は、テラヘルツ域の周波数範囲を含む連続スペクトル分布を有するパルス電磁波を誘電体物質に入射し、その反射電磁波又は透過電磁波の電場強度の時間波形を測定し、その電場強度の時間波形をフーリエ変換することによって振幅及び位相についての分光スペクトルデータを得て、得られた振幅及び位相についての分光スペクトルデータを前記誘電体物質がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎に前記誘電体物質による位相シフトを求め、その位相シフトから前記誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に求めることによってその連成波の分散曲線を得ることを特徴とする。

請求項 2 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法は、請求項 1 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法において、前記分散曲線から前記誘電体物質の誘電分散を決定することを特徴とする。

請求項 1 及び請求項 2 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法によれば、以下のような作用効果を得る。

誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数と周波数との分散曲線から、誘電体物質についてその基本物性である電磁波（電場）による誘電分極の特性についての情報を知得することができる。

FeRAM、MFIS-FET、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積DRAM）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

テラヘルツ帯弾性表面波フィルタの複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

積層セラミックコンデンサなどの機能性セラミック素子中の誘電体物質の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

共振型誘電セラミックフィルタの複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。



超音波センサ（PZT）素子に使われている圧電物質の複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

焦電式赤外センサ素子に使われている強誘電体物質の誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

エレクトロルミネセンス素子に積層された複素誘電体薄膜の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

測定は、全て非接触、*i n - s i t u*、オンラインで精密自動で行うことができる。

請求項3に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法は、請求項1に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法において、前記分散曲線から前記誘電体物質の静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することと特徴とする。

この誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法によれば、以下のような作用効果を得る。

F e R A M、M F I S - F E T、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積 D R A M）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

テラヘルツ帯弾性表面波フィルタの複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

積層セラミックコンデンサなどの機能性セラミック素子中の誘電体物質の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

共振型誘電セラミックフィルタの複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

超音波センサ（PZT）素子に使われている圧電物質の複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

焦電式赤外センサ素子に使われている強誘電体物質の誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

エレクトロルミネセンス素子に積層された複素誘電体薄膜の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

電気光学素子に使われている電気光学結晶のフォノンポラリトン分散曲線の決定及びフォノンポラリトン緩和定数を決定することができる。

測定は、全て非接触、*i n - s i t u*、オンラインで精密自動で行うことができる。

請求項4に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法は、請求項1又は請求項2に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法において、前記分極場がフォノンとされたことを特徴とする。

この誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法によれば、以下のような作用効果を得る。

F e R A M、M F I S - F E T、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積 D R A M）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

電気光学素子に使われている電気光学結晶のフォノンポラリトン分散曲線の決定及びフォノンポラリトン緩和定数を決定することができる。

強誘電体ゲート F E T に使われている強誘電体薄膜の複素誘電定数及び誘電損失の分散並びに静的誘電定数及び誘電損失を決定することができる。

請求項5に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、所定の時間幅のパルス励起光を所定の周波数で発生する励起源と、前記励起源からのパルス励起光が照射されると、テラヘルツ域の周波数範囲を含む連続スペクトル分布を有するパルス電磁波を放射し、測定する誘電体物質に照射するパルス電磁波放射素子と、前記誘電体物質からの反射電磁波又は透過電磁波の電場振幅の各時間分解信号を検出する検出手段と、その各時間分解信号から時系列データを得、該時系列データをフーリエ変換処理することによって前記の反射電磁波又は透過電磁波の振幅及び位相についての分光スペクトルデータを得る信号処理手段と、前記パルス励起光が前記パルス電磁波放射素子に一回入射するごとに、前記検出手段からの所定の時間分解信号の取り込みを指示するためのサンプリングパルスを、該パルス励起光に対し所定の時間間隔づつ遅延させて前記検出手段に供給する遅延手段と、を備えた光物性定数の光学的測定装置において、さらに、前記の反射

電磁波又は透過電磁波の振幅及び位相についての分光スペクトルデータを前記誘電体物質がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎に前記誘電体物質による位相シフトを決定する位相シフト決定手段と、その位相シフトから前記誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に決定する波数決定手段と、その波数決定手段によって得られた連成波の波数と周波数との分散曲線を得る分散曲線作成手段と、を備えたことを特徴とする

この誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置によれば、以下のような作用効果を得る。

誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数と周波数との分散曲線から、誘電体物質についてその基本物性である光（電場）による誘電分極の特性について知得することができる。

また、励起源とパルス電磁波放射素子と検出手段と信号処理手段と遅延手段とを含む  $THz - TDS$  部によって、複素屈折率の実部（通常の屈折率）及び虚部（吸収定数）や複素誘電率の実部（通常の誘電率）及び虚部（誘電損失）の高精度な計測も可能である。従って、それら複素屈折率と複素誘電率と前記分散曲線とから、誘電体物質の光物性の特性について広範な知見を得ることができる。

$FeRAM$ 、 $MFIS-FET$ 、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積  $DRA$   $M$ ）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

テラヘルツ帯弾性表面波フィルタの複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

積層セラミックコンデンサなどの機能性セラミック素子中の誘電体物質の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

共振型誘電セラミックフィルタの複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

超音波センサ（ $PZT$ ）素子に使われている圧電物質の複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

焦電式赤外センサ素子に使われている強誘電体物質の誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

電気光学素子に使われている電気光学結晶のフォノンポラリトン分散曲線の決定及びフォノンポラリトン緩和定数を決定することができる。

エレクトロルミネッセンス素子に積層された複素誘電体薄膜の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

測定は、全て非接触、*i n - s i t u*、オンラインで精密自動で行うことができる。

請求項6に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項5に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、さらに、前記分散曲線作成手段から得られた分散曲線から前記誘電体物質の静的誘電率を含む誘電率を決定する誘電率決定手段を備えたことを特徴とする。

この誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置によれば、以下のような作用効果を得る。

誘電体物質についてその基本物性値である静的誘電率を含む誘電率を知得することができる。

F e R A M、M F I S - F E T、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積 D R A M）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

電気光学素子に使われている電気光学結晶のフォノンポラリトン分散曲線の決定及びフォノンポラリトン緩和定数を決定することができる。

強誘電体ゲート F E T に使われている強誘電体薄膜の複素誘電定数及び誘電損失の分散並びに静的誘電定数及び誘電損失を決定することができる。

請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項6に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、前記誘電体物質を構成要素とする電子素子の製造プロセスの工程中に前記誘電体物質の誘電率を自動測定することを特徴とする。

請求項8に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項7に記載

載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、前記電子素子が強誘電体メモリであることを特徴とする。

請求項 9 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項 7 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、前記電子素子が強誘電体電界効果トランジスタであることを特徴とする。

請求項 10 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項 7 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、前記電子素子が弾性表面波フィルタであることを特徴とする。

請求項 11 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項 7 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、前記電子素子が誘電体セラミックフィルタであることを特徴とする。

請求項 12 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、請求項 7 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置において、前記電子素子が積層セラミックコンデンサであることを特徴とする。

請求項 7 から請求項 12 のいずれかに記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置によれば、以下のような作用効果を得る。

高精度で誘電体物質の誘電率を決定できるので、電子素子の検査精度が向上する。

電子素子の製造ラインから電子素子を取り出してオフラインで誘電率を測定する必要がないので、生産効率が飛躍的に向上する。

全ての製品に対して、リアルタイムで誘電率の検査が可能である。

FeRAM、MFIS-FET、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積DRAM）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

テラヘルツ帯弾性表面波フィルタの誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

積層セラミックコンデンサなどの機能性セラミック素子中の誘電体物質の誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

共振型誘電セラミックフィルタの誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

強誘電体ゲート FET に使われている強誘電体薄膜の複素誘電定数及び誘電損失の分散並びに静的誘電定数及び誘電損失を決定することができる。

測定は、全て非接触、*i n - s i t u*、オンラインで精密自動で行うことができる。

請求項 1 3 に記載の誘電体物質を構成要素とする電子素子の製造プロセスシステムは、請求項 7 に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置を組み込んだことを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の電子素子の製造プロセスシステムは、請求項 1 3 に記載の電子素子の製造プロセスシステムにおいて、前記電子素子が強誘電体メモリであることを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の電子素子の製造プロセスシステムは、請求項 1 3 に記載の電子素子の製造プロセスシステムにおいて、前記電子素子が強誘電体電界効果トランジスタであることを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の電子素子の製造プロセスシステムは、請求項 1 3 に記載の電子素子の製造プロセスシステムにおいて、前記電子素子が弾性表面波フィルタであることを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の電子素子の製造プロセスシステムは、請求項 1 3 に記載の電子素子の製造プロセスシステムにおいて、前記電子素子が誘電体セラミックフィルタであることを特徴とする。

請求項 1 8 に記載の電子素子の製造プロセスシステムは、請求項 1 3 に記載の電子素子の製造プロセスシステムにおいて、前記電子素子が積層セラミックコンデンサであることを特徴とする。

請求項 1 3 から請求項 1 8 のいずれかに記載の電子素子の製造プロセスシステムによれば、以下のような作用効果を得る。

高精度で誘電体物質の誘電率を決定できるので、電子素子の検査精度が向上する。

電子素子の製造ラインから電子素子を取り出してオフラインで誘電率を測定す

る必要がないので、生産効率が飛躍的に向上する。

全ての製品に対して、リアルタイムで誘電率の検査が可能である。

FeRAM、MFIS-FET、高誘電率薄膜キャパシタ（超高集積DRAM）等の不揮発メモリ素子に使われている強誘電体薄膜の複素誘電分散（誘電定数分散と誘電損失分散）及び静的誘電率（誘電定数と誘電損失）を決定することができる。

テラヘルツ帯弾性表面波フィルタの複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

積層セラミックコンデンサなどの機能性セラミック素子中の誘電体物質の複素誘電定数分散及び誘電損失分散を決定することができる。

共振型誘電セラミックフィルタの複素誘電定数及び誘電損失分散を決定することができる。

強誘電体ゲートFETに使われている強誘電体薄膜の誘電定数及び誘電損失の分散並びに静的誘電定数及び誘電損失を決定することができる。

測定は、全て非接触、in-situ、オンラインで精密自動で行うことができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、ポラリトンの波数一周波数分散関係を示すグラフである。

図2は、本発明に係る誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置に組み込まれる一般的なTHz-TDSの概略構成図である。

図3は、本発明に係るパルス電磁波放射素子の一実施形態の概略構成図である。

図4は、本発明に係る検出器の一実施形態の概略構成図である。

図5は、本発明に係る誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置に組み込まれる一般的なTHz-TDSの信号処理の流れの説明図である。

図6は、Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>からの透過電磁波の電場強度の透過率及び位相シフトの周波数依存性を示すグラフであり、(a) a軸偏光の場合、(b) b軸偏光の場合である。

図7は、(a) 図6(a)の場合のBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>内の連成波の波数と周波数

との分散曲線を示すグラフである。(b) 図6 (b) の場合の  $B_{\text{iso}}$  内の  
の達成波の波数と周波数との分散曲線を示すグラフである。

### 発明を実施するための最良の形態

図2に本発明の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置に組み込まれる一般  
的なTHz-TDSの概要を示す。

符号1は励起源であり、例えば、レーザーである。励起源1から放射されたフ  
ェムト秒レーザー光L1は、ビームスプリッタ2で分割される。一方のフェムト秒  
レーザーパルスは、パルス励起光L1として光チョップ3により断続的にパルス電  
磁波放射素子5に送られ、対物レンズ4で集束されてパルス電磁波放射素子5に  
照射される。このパルス電磁波放射素子5は例えば光伝導素子であり、パルス励  
起光L1が照射されたときに瞬間的に電流が流れ、テラヘルツパルス電磁波L2  
を放射する。このテラヘルツパルス電磁波L2は、放物面鏡6、7により平行化  
され測定試料である誘電体物質8に照射される。その試料8の透過ないし反射テ  
ラヘルツ電磁波（ここでは透過テラヘルツ電磁波）L3は、放物面鏡10、11  
により集光され、検出器（検出手段）12に導光される。

他方のフェムト秒レーザーは、サンプリング・パルス光L4として検出器12に  
導光される。この検出器12も例えば光伝導素子であり、サンプリング・パルス  
光L4で照射され、その瞬間だけ導電性となり、その瞬間の試料8からの透過テ  
ラヘルツ電磁波（以下、単に透過電磁波ともいう）L3の電場の強度を電流とし  
て検出することができる。ビームスプリッタ2から検出器12に到達するまでの  
時間を遅延手段13、14で変えることにより、試料を透過して来た透過電磁波  
L3の時間波形を得ることができる。

検出用光伝導素子はサンプリング・パルス光L4を照射している間の試料から  
の透過電磁波L3の電場による電流を検出するが、サンプリング・パルス光の時  
間幅は透過電磁波L3の時間幅よりも数十分の一程度とかなり短い。すなわち、  
透過電磁波L3の最初の部分から最後の部分までが到達する時間に比較してサン  
プリング・パルス光L4の照射時間は短い。そのため、サンプリング・パルス光  
L4が照射している間の検出用光伝導素子に流れる電流は透過電磁波L3の電場



のごく短い照射時間部分に依存し、透過電磁波 L 3 の電場のうち遅延手段 1 3、1 4 による時間遅延によって決められた時間部分のみが電流として測定され、さらに時間遅延をずらしていくことにより透過電磁波 L 3 の電場の他の部分も測定でき、透過電磁波 L 3 の電場の時間波形を得ることができるのである。

試料 8 の透過テラヘルツ電磁波の電場強度の各時間分解データは、信号処理手段によって処理される。すなわち、ロックイン・増幅器 1 6 を介してコンピュータ 1 7 に伝送され、順次、時系列データに記憶され、一連の時系列データを、該コンピュータ 1 7 でフーリエ変換処理して振動数（周波数）空間に変換することにより、試料 8 の透過テラヘルツ電磁波の振幅及び位相の分光スペクトルが得られる。

励起源 1 は、例えばモード同期、エルビウム（Er）ドーピングのファイバレーザである。このモード同期ファイバレーザ 1 は、例えば平均パワー 1 0 mW、パルス励起光 L 1 を、波長 7 8 0 nm、時間幅 1 2 0 フェムト秒、繰り返し周波数 4 8 . 5 MHz で伝送する。

前記励起源から発生するパルス励起光の時間幅は、6 フェムトから 1 7 0 フェムト秒以下に設定する。より好適には、1 5 フェムト秒から 7 0 フェムト秒以下である。最も好適には、3 0 フェムト秒である。

このとき、モード同期ファイバレーザ 1 で、パルス励起光 L 1 の時間幅を、例えば 1 7 0 フェムト秒に設定すると、該パルス電磁波放射素子 5 から発生するテラヘルツ放射電磁波 L 2 には、ほぼ波数範囲  $0 \sim 196 \text{ cm}^{-1}$  のミリ波から遠赤外波長光が含まれる。また、パルス励起光 L 1 の時間幅を、例えば 6 フェムト秒に設定すると、該パルス電磁波放射素子 5 から発生するテラヘルツ放射電磁波 L 2 には、ほぼ波数範囲  $0 \sim 5556 \text{ cm}^{-1}$  のミリ波から近赤外波長光が含まれる。

励起源としては、電子ビーム型発振器、たとえば軌道放射光源（SOR）、光蓄積リング放射光（Pb SR）等を用いることもできる。

パルス電磁波放射素子 5 には、例えば、図 3 に示すように、シリコンレンズ／Tl-GaAs 基板 3 0 に形成されたダイポールアンテナ構造の光伝導スイッチ素子 3 1 が用いられる。そして、テラヘルツ放射光 L 2 の発生には、このようなパルス電磁波放射素子 5 に、パルス励起光 L 1 を照射し、電子・正孔の自由キャ

リアを誘起させ、超高速電流変調することによって、そのテラヘルツ放射 $L_2$ を得ている。すなわち、バイアス電流印加のパルス電磁波放射素子5に、パルス励起光 $L_1$ が照射されると、電場が揺り動かされる。電場が揺り動かされると、電流が揺り動かされることにより、パルス電磁波放射素子5に照射されたパルス励起光 $L_1$ の時間幅 $\Delta t$ により規定される振動数（周波数）範囲に渡り、連続スペクトル分布を持ったテラヘルツ放射電磁波 $L_2$ が得られる。

また、パルス電磁波放射素子5は、バルクのInAs(100)結晶でもよい。InAs(100)は、結晶の格子面(100)が切り出され、ガリウム砒素(GaAs)に比較し、優れた電磁波の放射性能を持ち、該InAs結晶の格子面(100)に、パルス励起光 $L_1$ が照射されると、テラヘルツ放射電磁波 $L_2$ が放射方向の全体にまんべんなく引き起こされる。また、InPやGaAsでもよい。

さらに、パルス電磁波放射素子5は、電気光学素子でもよいし、非対称二重量子井戸構造や超格子構造を利用したものでもよい。

図4に、検出器12の概略図を示す。同図に示す検出器12にも、例えば、シリコンレンズ/TL-GaAs基板30に形成されたダイポールアンテナ構造の光伝導スイッチ素子31が用いられる。このような検出器12に、試料透過テラヘルツ電磁波 $L_3$ とサンプリング・パルス光 $L_4$ を同時に照射すると、サンプリング・パルス光 $L_4$ が照射された短時間の試料透過テラヘルツ電磁波 $L_3$ の強度を測定できる。尚、検出器12は電気光学素子でもよい。

サンプリング・パルス光 $L_4$ が検出器12に到着する時間を制御しながら測定することにより、試料透過テラヘルツ電磁波 $L_3$ の強度の各時間分解データを測定できる。

遅延手段13、14は、パルス励起光がパルス電磁波放射素子5に1回入射することに、検出器12からの所定の時間分解データの取り込みを指示するサンプリングパルスを、前記パルス励起光に対し所定の時間間隔づつ遅延させて検出器12に供給する。遅延手段13、14は、例えば光路差掃引ステージにより時間遅延を制御する。

次に、上記のようなTHz-TDSを組み込んだ本発明の誘電体物質の光物性

定数の光学的測定装置における具体的な信号処理について、図5を参照して説明する。

パルス電磁波放射素子から放射されたテラヘルツ域の周波数範囲を含む連続スベクトル分布を有するパルス光は、図5(a)に示す以下の数式に示されるような電場強度の時間波形を有する。

$$E_{THz}(t) = \int E_0(\sigma) e^{i(-2\pi\sigma t + \phi_0(\sigma))} d\sigma$$

このような強度の時間波形を有するパルス光が試料である誘電体物質に入射し透過してくると、その透過電磁波の電場強度の時間波形は、図5(b)に示す以下の数式に示されるようなものとなる。

$$E_{透過}(t) = \int \alpha_{n,\kappa}(\sigma) E_0(\sigma) e^{i\left(-2\pi\sigma\left(t - \frac{l}{c}\right) + \phi_{n,\kappa}(\sigma) + \phi_0(\sigma)\right)} d\sigma$$

このような強度の時間波形を有する透過光の電場強度  $E_{aa}(t)$  は、例えば、パルス電磁波放射素子5と同様の検出器12を用いて、サンプリング・パルス光L4により光伝導ギャップに励起されたキャリア(数:  $N(t)$ )の流れ(電流)として検出される。

その電流密度  $I(t)$  は、 $E_{aa}(t)$  と励起キャリア数  $N(t)$  とのコンボリューション、すなわち、

$$I(\tau) \propto \int_{-\infty}^{+\infty} E(t) N(t - \tau) dt$$

となる。ここで、前記  $\tau$  はサンプリング・パルス光  $L_4$  の遅延時間差であり、該遅延時間差  $\tau$  を、コンピュータ 17、光路差掃引ステージ 13 等により走査することによって試料透過（反射）電磁波の電場強度の時間依存性を電流強度の時間軸信号  $I(\tau)$  として検出する。

そして、試料透過電磁波  $L_3$  の強度は、パルス励起光  $L_1$  に同期して、所定の時間  $\Delta \tau$  だけ遅延されたサンプリング・パルス光  $L_4$  によって、光学的に極めて短時間隔でサンプリングされ（図 5（c）参照）、試料透過電磁波  $L_3$  の電場強度の各時間分解信号として検出される。このサンプリング幅  $\Delta t$ （sec）は、測定に要求される測光スペクトルの波数分解能  $\Delta \sigma$ （ $\text{cm}^{-1}$ ）に対して  $\Delta t = 1 / 2 \pi \Delta \sigma$  で定められる。

こうして得られた各時間分解信号から、図 5（d）に示したように、以下の数式で表される時系列データ  $I_m(t)$  を得る。

$$I_m(t) = \int \alpha'_{n,\kappa}(\sigma) E_0(\sigma) e^{i \left( -2\pi\sigma \left( t - \frac{l}{c} \right) + \phi_{n,\kappa}(\sigma) + \phi_0(\sigma) \right)} d\sigma$$

ここで、 $\alpha'_{n,\kappa}(\sigma)$ （ $n, \kappa$  は複素屈折率の実部（通常の屈折率）と虚部（吸収定数）である）は、各周波数毎の誘電体物質に入射したパルス電磁波の透過率に対応する量であり、また、 $\phi_{n,\kappa}(\sigma)$  は、各周波数毎の誘電体物質に起因した位相シフトである。

この  $I_m(t)$  を信号処理手段に伝送し、フーリエ変換処理することによって透過電磁波（反射電磁波）の振幅及び位相についての分光スペクトルデータを得る。

次いで、位相シフト決定手段によって、透過電磁波（反射電磁波）の振幅及び位相についての分光スペクトルデータを誘電体物質がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎の位相シフト  $\phi_{n,\kappa}(\sigma)$  を決定する。

さらに、波数決定手段によって、その位相シフトから誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と誘電体物質内の分極場の波動との連成波（あるいはボラリトン）の波数を各周波数毎に決定する。ここで、連成波の波数は位相シフト  $\phi_n$ ,

$\kappa$  ( $\sigma$ ) と試料の厚さから決定することができる。

こうして得られた連成波の周波数毎の波数について、分散曲線作成手段によって横軸に波数、縦軸に周波数（もちろんその逆でも構わない）としてプロットされ、連成波の波数と周波数との分散曲線を得る。

さらに、誘電率決定手段によって、得られた連成波の波数と周波数との分散曲線から前記誘電体物質の静的誘電率を決定する。

本発明の誘電体物質の静的誘電率の評価に用いる誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、誘電体物質を構成要素とする電子素子、例えば、強誘電体メモリ、強誘電体電界効果トランジスタ、弾性表面波フィルタ、誘電体セラミックフィルタ、及び積層セラミックコンデンサのような製造プロセスの工程中に前記電子素子を構成する誘電体物質の静的誘電率を自動測定するために用いることができる。また、全ての製品に対して、リアルタイムで誘電率の検査が可能である。

また、本発明の誘電体物質の静的誘電率の評価に用いる誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置は、誘電体物質を構成要素とする電子素子、例えば、強誘電体メモリ、強誘電体電界効果トランジスタ、弾性表面波フィルタ、誘電体セラミックフィルタ、及び積層セラミックコンデンサのような製造ラインに組み込むこともできる。この場合、電子素子の製造ラインから電子素子を取り出してオフラインで誘電率を測定する必要がないので、生産効率が飛躍的に向上する。また、全ての製品に対して、リアルタイムで誘電率の検査が可能である。

次に、本発明の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置及びその方法によって誘電分散及び静的誘電率を決定した実施例として、強誘電体  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  の場合を示す。

用いた  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  の試料は  $c$  軸に対して垂直な面方向に成長させたもので、その寸法は  $15 \times 15 \text{ mm}^2$  で膜厚  $225 \mu\text{m}$  の単結晶薄膜である。その  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  の単結晶薄膜はその面に対して劈開性を有する。

測定の詳細を以下に説明する。

励起源としては、波長  $780 \text{ nm}$ 、 $20 \text{ mW}$  の出力のフェムト秒励起パルス光を繰り返し周波数  $48 \text{ MHz}$  で発生するモード同期エルビウム ( $\text{Er}$ ) ドーピングのファイバレーザを用いた。試料へ入射するパルス測定光を放射するパルス電

磁波放射素子として、低温で成長させたGaAsから成る光伝導スイッチ素子を用いた。モード同期エルビウムドーピングファイバレーザからの励起パルスは対物レンズによって光伝導スイッチ素子に合焦した。光伝導スイッチ素子が放射したパルス電磁波はBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>単結晶薄膜試料の劈開面へ入射し、その透過電磁波を測定した。透過電磁波の検出器としても低温で成長させたGaAsから成る光伝導スイッチ素子を用いた。サンプリング・パルス光としては、モード同期エルビウムドーピングファイバレーザからの入射励起パルス光をビームスプリッターで分割したパルス光を用い、試料からの透過光の電場信号の検出のゲートの開閉を行った。全ての光学装置及び試料は、水蒸気による吸収を低減するため、真空チャンバに配置した。測定は室温で行った。

Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>は室温で単斜晶系のペロブスカイト構造であり、自発分極の方向は、単斜晶軸方向であるa軸に対して約4.5°傾斜している。そのa軸に対して偏光したa軸偏光、そしてその垂直方向であるb軸偏光に対する試料の透過電磁波の電場強度の透過率及び位相シフトの周波数依存性を示す測定結果をそれぞれ、図6(a)及び(b)に示す。黒丸は透過率、白丸は位相シフトを示している。

図6(a)において、黒丸で示した透過率からは、この物質が22 cm<sup>-1</sup>から36 cm<sup>-1</sup>に不透明領域を持つことがわかる。すなわち、A'モードではこの領域にフォノンが存在しないバンドギャップが存在していることを示している。また、白丸の位相シフトは、22 cm<sup>-1</sup>から36 cm<sup>-1</sup>のバンドギャップエッジ近傍で急に遅れていくことが分かる。

図6(b)において、図6(a)と同じように、A''モードでは28 cm<sup>-1</sup>から43 cm<sup>-1</sup>の領域にフォノンが存在しないバンドギャップが存在していることを示している。また、28 cm<sup>-1</sup>から43 cm<sup>-1</sup>のギャップエッジ近傍ではやはり、位相が急速に遅れることが分かる。

図7(a)及び(b)はそれぞれ、図6(a)及び(b)で示した各周波数毎の誘電体物質による位相シフト $\phi_n$ ,  $\kappa$  ( $\sigma$ )とBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>単結晶薄膜試料の厚さから、試料に入射したパルス電磁波の波動と試料内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に決定し、横軸に波数、縦軸に周波数としてプロットし

た、連成波の波数と周波数との分散関係を示している。この分散関係は、試料内の分極場をフォノンした場合の分散曲線によく一致する。この場合、 $\Omega=0$ における接線の傾きは、 $c/\varepsilon(0)$ を与えることから（段落【0010】参照）、静的誘電率 $\varepsilon(0)$ は、図7（a）の場合には79.2、図7（b）の場合には149.0であると決定することができた。

#### 産業上の利用の可能性

本発明は、誘電体物質の誘電分散・静的誘電率（誘電定数及び誘電損失）を決定することができる誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法及びその装置並びにその装置を組み込んだ製造システムとして、様々な誘電体物質の光物性定数の測定に利用することができる。

22  
請求の範囲

1. テラヘルツ域の周波数範囲を含む連続スペクトル分布を有するパルス電磁波を誘電体物質に入射し、その反射電磁波又は透過電磁波の電場強度の時間波形を測定し、その電場強度の時間波形をフーリエ変換することによって振幅及び位相についての分光スペクトルデータを得て、得られた振幅及び位相についての分光スペクトルデータを前記誘電体物質がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎に前記誘電体物質による位相シフトを求め、その位相シフトから前記誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に求めることによってその連成波の分散曲線を得る誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法。

2. 前記分散曲線から前記誘電体物質の誘電分散を決定する請求項1に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法。

3. 前記分散曲線から前記誘電体物質の静的誘電率を決定する請求項1に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法。

4. 前記分極場がフォノンとされた請求項1から請求項3のいずれかに記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定方法。

5. 所定の時間幅のパルス励起光を所定の周波数で発生する励起源と、

前記励起源からのパルス励起光が照射されると、テラヘルツ域の周波数範囲を含む連続スペクトル分布を有するパルス電磁波を放射し、測定する誘電体物質に照射するパルス電磁波放射素子と、

前記誘電体物質からの反射電磁波又は透過電磁波の電場の各時間分解信号を検出する検出手段と、

その時各時間分解信号から時系列データを得、該時系列データをフーリエ変換処理することによって前記の反射電磁波又は透過電磁波の振幅及び位相について



の分光スペクトルデータを得る信号処理手段と、

前記パルス励起光が前記パルス電磁波放射素子に一回入射するごとに、前記検出手段からの所定の時間分解信号の取り込みを指示するためのサンプリングパルスを、該パルス励起光に対し所定の時間間隔つつ遅延させて前記検出手段に供給する遅延手段と、を備えた光物性定数の光学的測定装置において、

さらに、前記の反射電磁波又は透過電磁波の振幅及び位相についての分光スペクトルデータを前記誘電体物質がない場合の分光スペクトルデータと比較して各周波数毎に前記誘電体物質による位相シフトを決定する位相シフト決定手段と、

その位相シフトから前記誘電体物質に入射されたパルス電磁波の波動と前記誘電体物質内の分極場の波動との連成波の波数を各周波数毎に決定する波数決定手段と、

その波数決定手段によって得られた連成波の波数と周波数との分散曲線を得る分散曲線作成手段と、を備えたことを特徴とする誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

6. 前記分散曲線作成手段によって得られた分散曲線から前記誘電体物質の誘電率を決定する誘電率決定手段を備えたことを特徴とする請求項5に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

7. 前記誘電体物質を構成要素とする電子素子の製造プロセスの工程中に前記誘電体物質の誘電率を自動測定するために用いる請求項6に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

8. 前記電子素子が強誘電体メモリである請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

9. 前記電子素子が強誘電体電界効果トランジスタである請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

10. 前記電子素子が弾性表面波フィルタである請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

11. 前記電子素子が誘電体セラミックフィルタである請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

12. 前記電子素子が積層セラミックコンデンサである請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置。

13. 請求項7に記載の誘電体物質の光物性定数の光学的測定装置を組み込んだことを特徴とする誘電体物質を構成要素とする電子素子の製造プロセスシステム。

14. 前記電子素子が強誘電体メモリである請求項13に記載の電子素子の製造プロセスシステム。

15. 前記電子素子が強誘電体電界効果トランジスタである請求項13に記載の電子素子の製造プロセスシステム。

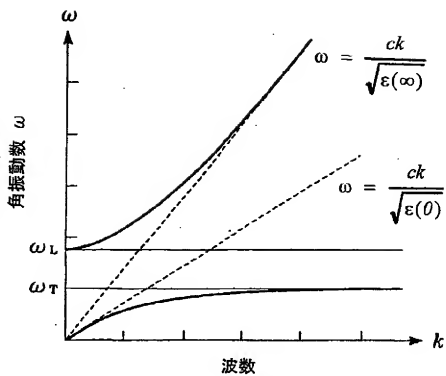
16. 前記電子素子が弾性表面波フィルタである請求項13に記載の電子素子の製造プロセスシステム。

17. 前記電子素子が誘電体セラミックフィルタである請求項13に記載の電子素子の製造プロセスシステム。

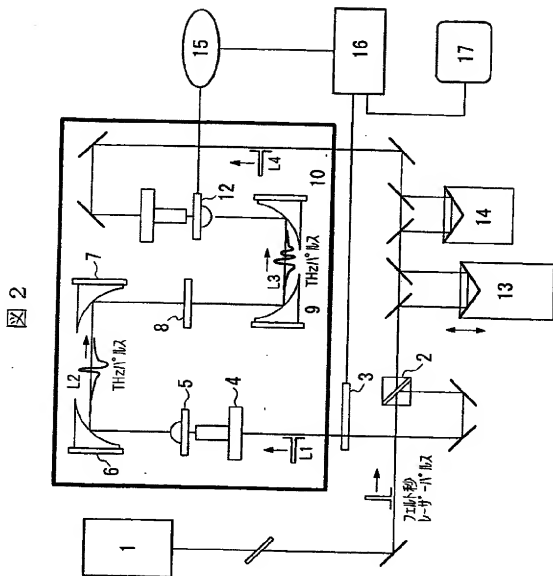
18. 前記電子素子が積層セラミックコンデンサである請求項13に記載の電子素子の製造プロセスシステム。

1/7

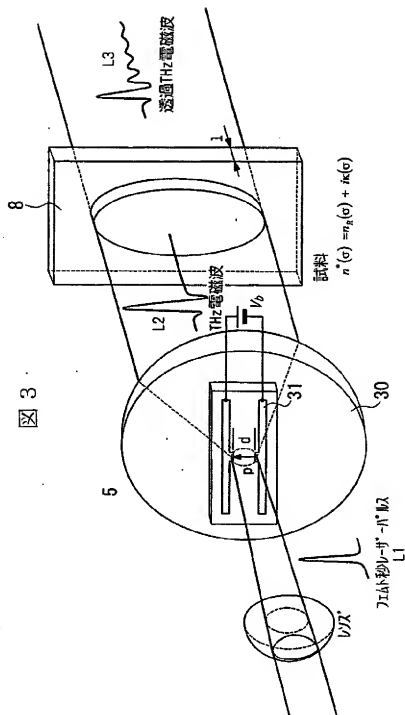
図 1



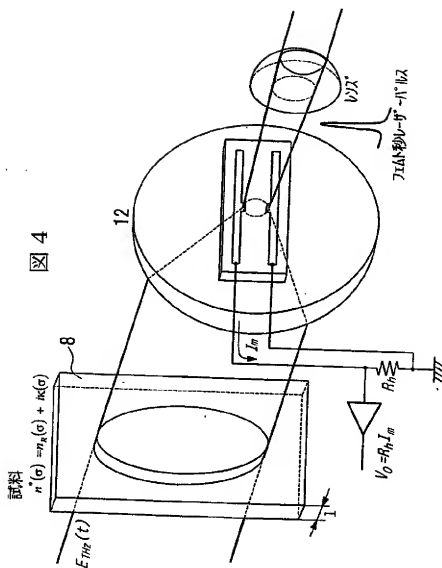
2/7



3/7

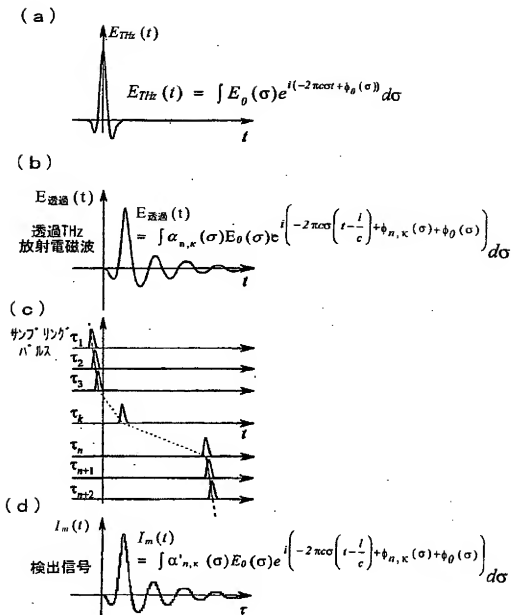


4/7



5/7

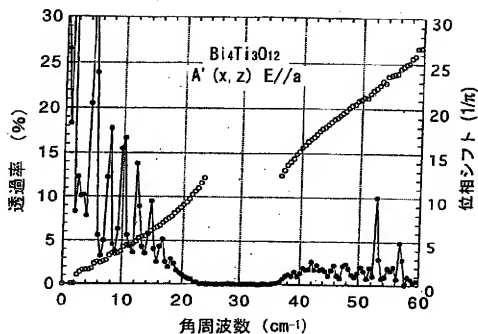
図 5



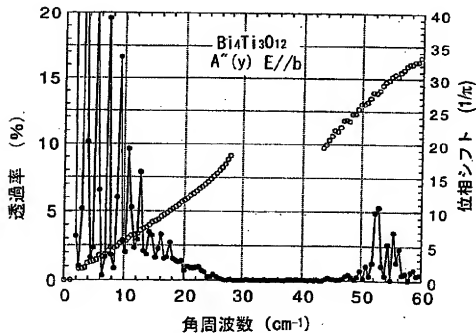
6/7

図 6

(a)



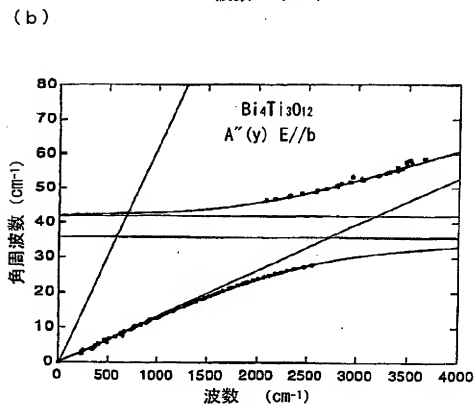
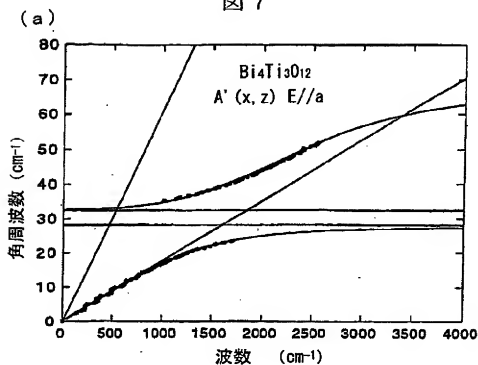
(b)





7/7

図 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G01N21/41

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01N21/00-21/61; G01J3/00-3/52

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI/L, JICST FILE(JOIS), IEEE Xplore, Web of Science

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Seiji KOJIMA et al., "Jikan Ryoiki terahertz Bunko to Kyo Yudentai no Tei Shindosu Polariton (25pYQ-1)", Meeting Abstracts of the Physical Society of Japan, 2000 nen, Vol.55, No.2, separate Vol.4, page 860, ISSN1342-8349	1, 4, 5 2, 3, 6-18
Y	YOSHIOKA, S. et al., High frequency dielectric constant of $KH_2PO_4$ determined by polariton dispersion relation, Physica B, 1999 nen, Vol.263 to 264, pages 829 to 831	2, 3, 6-18
Y	JP 11-23493 A (Yugen Kaisha Akkusu), 29 January, 1999 (29.01.99), Par. Nos. [0001], [0002], [0019] (Family: none)	7-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

- |   |   |
|---|---|
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may show doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"Z" document member of the same patent family</p> |
|---|---|

Date of the actual completion of the international search  
08 May, 2002 (08.05.02)

Date of mailing of the international search report  
21 May, 2002 (21.05.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02480

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KIJIMA, T. et al., Preparation of $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Thin Film on Si(100) Substrate Using $\text{Bi}_2\text{SiO}_5$ Buffer Layer and Its Electric Characterization, Jpn.J.Appl. Phys., 1998 nen, Vol.37, Part 1, No.9B, pages 5171 to 5173	8, 9, 14, 15
Y	JP 8-75806 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 22 March, 1996 (22.03.96), Par. No. [0002] (Family: none)	10, 16
Y	JP 10-130050 A (FDK Corp.), 19 May, 1998 (19.05.98), Par. Nos. [0002] to [0008] (Family: none)	11, 17
Y	JP 2000-247733 A (Toshiba Corp.), 12 September, 2000 (12.09.00), Par. Nos. [0001], [0047] to [0054] (Family: none)	12, 18

Form PCT/SA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> G01N21/41

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> G01N21/00-21/61 ; G01J3/00-3/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2002年

日本国登録実用新案公報 1994-2002年

日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L, JICSTファイル (JOIS), IEEE Xplore, Web of Science

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	小島誠治他, 時間領域テラヘルツ分光と強誘電体の低振動数ポラリトン	1, 4, 5
Y	(25pYQ-1), 日本物理学会講演概要集, 2000年, 第55巻, 第2号, 第4分冊, p. 860, ISSN1342-8349	2, 3, 6-18
Y	Yoshioka, S. 他, High frequency dielectric constant of KHzPO <sub>3</sub> determined by polariton dispersion relation, Physica B, 1999年, 第263-264巻, p. 829-831	2, 3, 6-18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.05.02

国際調査報告の発送日

21.05.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

横井 亜矢子

2W 2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 11-23493 A (有限会社アックス) 1999. 01. 29 段落番号【0001】，【0002】，【0019】 (ファミリーなし)	7-18
Y	Kijima, T. 他, Preparation of Bi <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub> Thin Film on Si(100) Substrate Using Bi <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> Buffer Layer and Its Electric Characterization, Jpn. J. Appl. Phys., 1998年, Vol. 37, Part1, No. 9B, pp. 5171-5173	8, 9, 14, 15
Y	J P 8-75806 A (株式会社村田製作所) 1996. 03. 22 段落番号【0002】 (ファミリーなし)	10, 16
Y	J P 10-130050 A (富士電気化学株式会社) 1998. 05. 19, 段落番号【0002】 - 【0008】 (ファミリーなし)	11, 17
Y	J P 2000-247733 A (株式会社東芝) 2000. 09. 12 段落番号【0001】，【0047】 - 【0054】 (ファミリーなし)	12, 18